



KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tommi Tuhkanen

## RAUDOITUSTÖIDEN TYÖNJOHDON JA LAADUNVARMISTUK- SEN OPAS

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2016

 <b>Karelia</b> AMMATTIKORKEAKOULU	<b>OPINNÄYTETYÖ</b> <b>Maaliskuu 2016</b> <b>Rakennustekniikan koulutusohjelma</b>  Karjalankatu 3 80100 JOENSUU (013) 260 6800
Tekijä Tommi Tuhkanen	
Nimeke Raudoitustöiden työnjohdon ja laadunvarmistuksen opas	
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Tässä opinnäytetyössä käsitellään raudoitustöiden johtamista ja laadunvarmistusta työmaalla paikallavalettavissa betonirakenteissa. Opinnäytetyönä pyrittiin luomaan opas työnjohtajien käytettäväksi. Laaditun oppaan tietoperustana on työnjohtajana toimimisesta saatu käytännön kokemus ja lähdeaineistosta kerätty tieto. Opinnäytetyöhön käytännön aineistoa on kerätty kohteista Elämyshotelli Järvisydän ja Dayspa Järvisydän. Kohteissa pääurakoitsijana ja raudoitustöiden suorittajana toimi RKL Rantasalmen Rakentajat Oy.</p> <p>Raudoittaminen on oleellinen osa betonirungon valmistusta. Raudoitustyöt on yksi työmaan raskaimmista työvaiheista työntekijöille ja haasteellinen myös työnjohdolle. Raudoitustöiden etenemisestä ja valmistumisesta on kiinni betonointi, jonka myötä useat seuraavat työvaiheet pääsevät alkamaan ja runkotyöt jatkumaan seuraavaan osioon tai kerrokseen.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää työnjohtajien raudoitustöiden laadunvarmistusta, tehostaa töiden etenemistä, kustannustehokkuutta ja kehittää työmaiden työturvallisuutta. Tutkimuksesta saaduilla tuloksilla työnjohtajien on tarkoitus pystyä hoitamaan työmaan raudoitustyöt niin, että seuraavat työvaiheet onnistuvat ongelmitta, kustannukset pysyvät suunnitellussa ja viranomaismääräykset sekä laatustandardit täyttyvät.</p> <p>Opinnäytetyössä kerättiin ohjeita työnjohtajien käyttöön. Ohjeissa painotettiin asioita, jotka huomattiin haastaviksi tai muuten tärkeiksi tietää ja muistaa. Ohjeiden avulla työnjohtajat pystyvät madaltamaan raudoitustyön kustannuksia, kehittämään raudoitustöiden työturvallisuutta, tehostamaan raudoitustöiden etenemistä ja kehittämään laadunvarmistusta. Lisäksi työssä laadittiin laadunvarmistuspöytäkirja, jonka oli tarkoitus olla sellainen, että sen käyttökynnys olisi matala.</p>	
Kieli  suomi	Sivuja 37  Liitteet 1
Asiasanat raudoittaminen, laadunvarmistus, työnjohtaminen, betoniteräs, betonityönjohtaja	

 <b>Karelia</b> UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	<b>THESIS</b> <b>March 2016</b> <b>Degree Programme in Civil Engineering</b>  Karjalankatu 3 80100 JOENSUU (013) 260 6800	
Author Tommi Tuhkanen		
Title Supervision and Quality Control of Concrete Reinforcing		
Abstract  <p>In this thesis, the supervision and quality control of concrete reinforcing of in-situ cast concrete structures were studied. The aim was to create a guide for the use of the construction supervisors, and the basis for this guide were the practical experiences from working as a supervisor and source material about reinforcing. Practical experiences were gathered from construction sites of Experience Hotel Järvisydän and Day Spa Järvisydän. In these building projects RKL Rantasalmen Rakentajat OY worked as a main contractor in reinforcing.</p> <p>Reinforcing is a critical part in producing concrete structures. Reinforcement work is one of heaviest stages of construction for builders and also challenging for construction supervisors. Concreting depends on the progress and finishing of reinforcing. After concreting, many succeeding stages of construction can start. Also the loadbearing structures of a building can move on to the next part or floor.</p> <p>The purpose of thesis was to improve the construction supervisors' knowledge about quality control of reinforcing, enhance the reinforcement work, improve cost-effectiveness and develop construction site safety. With results of research, the supervisors are supposed to be able to manage construction site's reinforcing work so that the next stages of work succeed without problems, costs of reinforcing are as planned and regulatory controls and quality standards are fulfilled.</p> <p>In this study, instructions were gathered for the use of supervisors. The instructions emphasize things which were found challenging or otherwise important. With the instructions a supervisor can decrease costs of reinforcing, improve occupational safety, intensify reinforcing work and improve quality control. In this thesis was also created a quality control record which was supposed to be easy to use.</p>		
Language  Finnish	Pages 37  Appendices 1	
Keywords reinforcing, quality control, supervising, concrete reinforcing bar, concreting supervisor		

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
1.1	Tausta .....	5
1.2	Työn tavoite ja rajausta .....	6
2	Betonityönjohtajan pätevyysvaatimukset .....	6
3	Harjateräksiset ja asennustarvikkeet .....	8
3.1	Betoniteräksiset .....	9
3.2	Betoniteräksien asennustarvikkeet .....	10
4	Eri rakennetyyppien raudoitteiden asennus työmaalla .....	11
4.1	Anturoiden raudoittaminen .....	11
4.2	Teräsbetonilaatan raudoittaminen .....	12
4.3	Seinärakenteiden raudoittaminen .....	15
4.4	Paikallavalupilareiden raudoittaminen .....	17
4.5	Paikallavalupalkki .....	18
5	Raudoitustöiden vaiheet työnjohtajan näkökulmasta .....	18
5.1	Raudoitustöiden käytännön kulku työmaalla .....	19
5.2	Suunnitelmat .....	19
5.3	Aloituspäällikö .....	20
5.4	Aikataulu .....	21
5.5	Betoniterästen tilaaminen .....	21
5.6	Betoniterästen vastaanotto ja varastointi työmaalle .....	21
5.7	Raudoitustöiden aloittaminen .....	22
5.8	Raudoitustöiden suoritus .....	22
6	Raudoittamisen kustannukset .....	23
6.1	Raudoittamisen kustannusten jakautuminen osiin .....	23
6.2	Materiaalikustannusten alentaminen raudoituksia tilattaessa .....	24
6.3	Betoniterästen materiaalisat ja -hukat sekä niiden pienentäminen .....	26
7	Laadunvarmistus ja -hallinta .....	28
7.1	Suojabetonipeite .....	28
7.2	Raudoitustöiden aikainen laadunvarmistus .....	29
7.3	Laadunvarmistus- pöytäkirja .....	30
7.4	Valmiiden raudoitusten tarkastaminen .....	31
8	Työturvallisuus .....	32
8.1	Työnjohtajan rooli turvallisessa raudoittamisessa .....	32
8.2	Tulityöt .....	34
8.3	Jätteiden käsittely .....	34
9	Tulokset .....	34
10	Pohdinta .....	35
	Lähteet .....	36

Liite 1 Raudoitusten laadunvarmistus- pöytäkirja

# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta

Tämä opinnäytetyö käsittelee betonin raudoittamista ja työnjohdon roolia töiden valvonnassa, ohjaamisessa, sekä aika- ja kustannustehokkuuden ylläpitämisessä. Raudoitustyöt ovat usein kriittinen kohta työmaan aikataulutuksessa, koska niistä on kiinni useimmiten työmaan muu eteneminen erityisesti useampia kerroksia sisältävissä rakennuksissa, kuten kerrostaloissa ja monikerroksisissa toimitiloissa. Raudoitustöiden tarjoamia haasteita työnjohdolle ovat mm. töiden nopea eteneminen, ennakointia vaativat työvaiheet ja laadunvarmistuksen tärkeys rakennuksen turvallisuuden kannalta.

Opinnäytetyöhön on kerätty aineistoa Dayspa Järvisydän kylpylän ja Elämyshotelli Järvisydän rakennustyömailta, joiden pääurakoitsijan Rantasalmen Raken-tajat Oy:n palveluksessa toimin työnjohtajana molemmissa kohteissa.

Teräsbetonia valmistettaessa betonia vahvistetaan sen sisälle asennettavilla teräksillä eli harjateräksillä. Betoni muodostuu kolmesta pääraaka-aineesta eli runkoaineesta, vedestä ja sementistä. Lisäksi betoniin voidaan lisätä lisäaineita, joilla vaikutetaan betonin ominaisuuksiin sen käyttötarkoituksen mukaan. Betonia käytetään kantavissa rakenteissa, ja sen puristuslujuus on hyvä eli 20 — 100 MN/m<sup>2</sup> betonilaadusta riippuen, mutta rakenteisiin kohdistuvat kuormat aiheuttavat myös vetorasitusta rakenteelle ja betonin vetolujuus on heikko. Betonirakenteissa vetorasitus hoidetaan betonin sisään ennen betoninvalua asennettavilla betoniteräksillä, jotka lujittavat sitä vetorasitusta ja muodonmuutoksia vastaan estäen betonin halkeilua ja murtumista. Raudoittamiseen nykyisin yleisimmin käytetty betoniterästyyppi on harjateräs B500B. [1, 9.]

Aiheen valitsin työnjohtoharjoittelussa havaitsemieni raudoitustöiden johtamisen ongelmien ja haasteiden myötä. Toimin kylpylätyömaalla erityisesti raudoitustöiden valvonnan parissa. Työharjoittelussa raudoitustöiden parissa toimiessani

ongelmia aiheutti riittämätön töiden suunnittelu, puutteelliset tiedot toimintatavoista ja ainainen ”tulipalojen sammuttelu”, eli myöhässä ongelmiin ja virheisiin puuttuminen. Työharjoittelu kokemuksieni perusteella päätin tehdä opinnäytetyön aiheesta.

## **1.2 Työn tavoite ja rajaus**

Opinnäytetyössä käsiteltiin aluksi betonityönjohtajan pätevyysvaatimukset eri vaativuusasteisissa rakennuksissa. Toisessa osiossa esiteltiin raudoitteet materiaalina sekä paneuduttiin varsinaiseen raudoittamiseen eri rakennetyypeissä. Kolmannessa osiossa perehdyttiin raudoitustöiden kulkuun työmaalla. Opinnäytetyössä käsiteltiin raudoitustyön kustannukset yleisesti ja kustannusten hallinta ja alentaminen. Laadunvarmistukseen keskityttiin ensin teoria puoleen eli määräykset ja ohjeet, jonka jälkeen annettiin vinkkejä ja näkökulma käytännön laadunvarmistukseen Dayspa Järvisydän -työmaalta. Viimeisenä osiona perehdyttiin työturvallisuuteen, joka on iso osa nykypäivän rakentamista johtuen asetuista nolla tapaturmaa -tavoitteista.

Opinnäytetyön on tarkoitus tarjota hyvä tietoperusta raudoitustöiden johtamisesta ja laadunvarmistuksesta työmaalla aloittelevalle työnjohtajalle. Työn on tarkoitus myös antaa ohjeita siihen, mitä asioita työmaalla raudoitustöitä valvoessa on syytä muistaa. Lisäksi tällä opinnäytetyöllä pyritään havainnollistamaan lukijalle mitä toteutetuilta raudoituksilta vaaditaan ja kuinka asetettuihin vaatimuksiin päästään.

## **2 Betonityönjohtajan pätevyysvaatimukset**

Betonityönjohtaja vastaa betonirakenteiden valmistuksesta, joten raudoitustyönjohtajaa koskevat samat pätevyysvaatimukset kuin betonityönjohtajaa ja kyseessä on yleensä sama henkilö. Betonityönjohtaja johtaa rakenteiden valmistusta ja hänellä tulee olla rakenteen vaativuuden mukainen pätevyys. Hänellä

tulee olla riittävät tiedot ja kokemus käytettävien materiaalien ja rakenteiden ominaisuuksista sekä valmistuksesta. [2, 96.]

Betonirakenteiden toteutusstandardissa SFS-EN 13670 on betonityönjohdolle asetettu kolme toteutusluokkaa, jotka määräytyvät rakennukselle asetetun seuraamusluokan mukaan. Toteutusluokat eroavat laadunvalvonnan vaativuuden suhteen. Tarkastustaso kasvaa luokasta 1 luokkaan 3. Toteutusluokat koskevat nimenomaan työmaalla tehtäviä betonirakenteita, ei tehtaalla tehtäviä rakenteita, kuten betonielementtejä. [3, 8.] Ennen toteutusluokkia käytössä olleisiin toteutusta koskeviin rakenneluokkamäärittäisiin törmää edelleen työmailla rakennusprojektien eri osapuolten käytössä myös jopa kuntien rakennusvalvonnan piirissä. Suomessa Fise Oy myöntää todennettavat pätevyudet betonityönjohtajalle, Fisellä on omat pätevyysvaatimukset, jotka kuitenkin pääosin perustuvat eurokoodien toteutus- ja seuraamusluokkiin.

Eurokoodien myötä siirryttiin työmaatoiminnassa vanhoista pätevyysluokista seuraamus- ja toteutusluokkiin. Työnjohtajalta vaadittava toteutusluokka perustuu rakennuksen seuraamusluokkaan, jonka rakennesuunnittelija määrittää kohteen tyyppin ja erityispiirteiden perusteella. Rakennesuunnittelija määrittää rakennuksen seuraamusluokan ja aloittaa rakenteiden suunnittelun seuraamusluokan mukaisesti. [3, 7-8] Toteutusluokat ja seuraamusluokat on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Betonityönjohtajan pätevyysvaatimukset eurokoodien mukaan [2. 7-8].

Seuraamusluokka	Toteutusluokka	Seuraamusluokan kuvaus ja betonin lujuuden maksimi	Kohde-esimerkkejä
CC1	1	Vähäiset seuraamukset hengen-menetysten tai pienten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen muodossa. C20/25	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä, esimerkiksi varastot. Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa.
CC2	2	Keskisuuret seuraamukset hengenmenetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen muodossa. C50/60	Rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1. Ylä- ja välipohjat kuuluvat kuitenkin luokkaan CC2, elleivät ne toimi koko rakennusta jäykistävänä rakenteena.
CC3	3	Suuret seuraamukset hengenmenetysten tai hyvin suurien taloudellisten-, ympäristö- tai sosiaalisten vahinkojen muodossa. C90/105	Rakennuksen kantava runko jäykistävine rakennusosineen sellaisissa rakennuksissa, joissa usein on suuri joukko ihmisiä, kuten yli 8-kerroksiset asuin-, konttori- ja liikerakennukset konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot, raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset.

### 3 Harjateräksiset ja asennustarvikkeet

Tässä opinnäytetyön osiossa esitellään raudoitukseen käytettäviä harjateräksiä ja raudoitetyyppejä. Lisäksi osiossa esitellään yleisimmät raudoitusten asentamiseen käytettävät asennustarvikkeet.



### 3.1 Betoniteräksset

Työmaalla käytettäviä raudoitteita ovat mm. irtoteräksset, kuituraudoitteet, teräsverkot, raudoitematot ja esivalmistetut elementtiraudoitteet. [4, 147.] Tässä opinnäytetyössä käsitellään irtoteräksillä, teräsverkoilla, raudoitematoilla ja elementtiraudoitteilla raudoittamista.

Teräslaadut nimetään eurokoodin EN 10080 mukaan teräslaadun myötölujuuden, sitkeysluokan, käyttötarkoituksen ja kansallisen lisämerkinnän perusteella. Teräsvalmistajat myyvät edelleen teräksiä niiden ei-eurokoodien mukaisilla vanhemmilla, kansallisilla SFS -standardien mukaisilla nimillä ja laaduilla. Näin ollen molempien merkintätapojen tuntemus on tärkeää betoniteräksiä tilattaessa. Vanhassa mallissa terästen nimeäminen perustui teräksen valmistustapaan, myötölujuuteen ja erityisominaisuuksiin, kuten korroosion kestoon. [5.]

Betonirakenteiden raudoitteet koostuvat pääteräksistä, hakasista ja asennusteräksistä. Pääteräksien on tarkoitus ottaa vastaan suurimmat vetorasitukset teräsbetonirakenteessa ehkäisten rakenteen muodonmuutosta, halkeilua ja betonin murtumista. Hakasten on tarkoitus koota pääteräksset yhtenäiseksi kappaleeksi, ehkäistä halkeilua ottamalla vastaan vinot vetojännitykset rakenteessa ja toimia tartuntana betonille. [ 6, 10.]

Betoniteräksset valmistetaan raudan ja hiilen seoksesta. Betoniteräksistä pyörö- ja harjateräksset valmistetaan kuumavalssaamalla tai kylmämuokkaamalla. Kuumavalssauksen ja kylmämuokkauksen ero ilmenee terästen sitkeydessä murtotilanteessa. Nykyisin käytettäviä terästen lujuusluokkia ovat 500, 600 ja 700. 500-lujuusluokan teräksset ovat käytetyimpiä, koska rakenteiden taipuma rajoittaa lujempien terästen käyttöä. Suomessa valmistettavien betoniterästen halkaisijat on esitetty taulukoissa 2 ja 3. Käytetyimmät terästyypit raudoittamisessa ovat kuumavalssattu B500B ja A500HW. Nämä teräksset ovat ominaisuuksiltaan lähes vastaavat ja niitä voidaan käyttää ristiin. [5.]

Taulukko 2. Kuumavalssattujen betoniterästen valikoima. [6, 28.]

Halkaisija mm	6	8	10	12	16	20	25	32
Poikkipinta- ala mm <sup>2</sup>	28,3	50,3	78,5	113	201	314	491	804
Nimellispaino kg/m	0,222	0,395	0,617	0,888	1,58	2,47	3,85	6,31

Taulukko 3. Kylmämuokattujen harjatankojen valikoima. [6, 29.]

Halkaisija mm	5	6	7	8	9	10	11	12
Poikkipinta- ala mm <sup>2</sup>	19,6	28,3	38,5	50,3	63,6	78,5	95,0	113,0
Nimellispaino kg/m	0,154	0,222	0,302	0,395	0,499	0,617	0,746	0,888

### 3.2 Betoniteräksien asennustarvikkeet

Suojabetonipeite varmistetaan rauditusvälikkeillä, jotka ovat nykyään muovisia. Valmiita valukorokkeita on erityyppisiä eri alustoille, kuten maanvaraiselle alustalle omansa ja muotitetulle pinnalle omansa. Valukorokkeet voidaan myös tehdä työmaalla betoniterästangoista. Yleensä teräksisiä valukorokkeita tai työteräksiä käytetään varsinaisten raudoituksien asennuksen apuna ja suunnitelmien mukaisen sijainnin varmistamisessa. Asennusvälikkeiden tulee olla sellaisia, että ne eivät heikennä rakenteen ominaisuuksia, kuten lujuutta tai ulkonäköä. Välikkeet eivät myöskään saa olla eloperäistä materiaalia. [4, 147.]

Teräksien sidelankoina käytetään 1,0 - 2,0 mm paksuja teräslankoja, jotka voivat olla lisäksi sinkittyjä, kuparoituja tai valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Sidelangoilta vaadittava käsittely tulee tarkistaa rakennesuunnittelijalta, mi-

käli sitä ei ole mainittu suunnitelmissa. Teräkset voidaan myös liittää yhteen hitsaamalla.

## **4 Eri rakennetyyppien raudoitteiden asennus työmaalla**

Tässä opinnäytetyön osiossa on esitetty eri rakenteiden raudoitteiden toteuttamisen ohjeet työnjohtajalle asioista, jotka havaittiin Rantasalmen hotelli- ja kylpylä työmailla oleellisiksi asioiksi eri rakenteita raudoitettaessa. Ohjeet voivat toimia muistilistana työnjohtajalle. Ohjeiden laadinnassa on käytetty apuna myös Ratu -korttia 0402, joka käsittelee raudoittamista.

### **4.1 Anturoiden raudoittaminen**

Anturoiden raudoituksessa raudoitetyypit ovat yleensä samat, jolloin työnjohtajan kannattaa teetättää raudoitehäkit työmaan raudoitepisteellä etukäteen, mikäli käytössä ei ole elementтираudoitteita. Tehtaan tekemien elementтираudoitteiden käyttö on kustannus- ja aikataulullisesti tehokas tapa toteuttaa anturoiden raudoitus. [6, 58.]

Anturoita raudoitettaessa työnjohtajan yleisiä huomioitavia asioita raudoitusmestalla liikkueessaan:

- Suojabetonipeitteen mitat on sivuille ja ylöspäin 25 mm ja maata kohti 50 mm. Suojabetonipeite varmistetaan oikeankokoisilla valukorokkeilla.
- Työnjohtajan on tarkistettava yläpuolen tartuntaterästen suunnitelmanmukaisuus ja sijainti, erityisesti betonielementtejä käytettäessä.
- Ylöspäin suuntautuneet terästen terävät kärjet on taitettava tai peitettävä muovisilla kärkisuojilla niiden vaarallisuuden vuoksi.

## 4.2 Teräsbetonilaatan raudoittaminen

Teräsbetonilaatta voi olla kantava holvilaatta tai maanvarainen alapohjalaatta. Yleisimmin käytettävä tapa toteuttaa teräsbetonilaatan raudoitukset on raudoiteverkoilla tai rullaraidoiteella, lisäksi erityisesti holveja voidaan toteuttaa suurraudoite-elementeillä, joissa lähes valuvalmis raudoite-elementti nostetaan kokonaisena suoraan paikalleen. Suurraudoite-elementtien haittapuoli on niiden vaatima kallis nostokalusto ja rajoitettu laatan koko. Laatan pääraudoitus voi olla yhdessä tai kahdessa kerroksessa riippuen laatan paksuudesta, joka taas riippuu laatan kuormituksesta ja rasitusluokasta. Laatassa voi olla myös piste-kuormien vuoksi lisäraudoitettuja kohtia, mm. alapohjalaatassa pilarien kohdalla tai holvilaatassa palkkikaistoina. Teräsbetoniholvin ollessa itsessään kantava siihen tulee todella suuri määrä terästä. Kuvassa 1 näkyy teräsbetoniholvilaatan teräsverkkoraidoitteet ja käytettävä suuri raudoitemäärä.

Raudoitustyövaiheessa tehdään yleensä myös laatan mahdolliset liikuntasamat. Liikuntasaumojen toteutus kannattaa huomioida myös raudoitteiden asennuksessa.



Kuva 1. Paikallavaluholvin raudoitus kaksinkertaisella 10 mm:n k150- teräsverkolla. Keskellä näkyy palkkikaista pitkittäissuuntaisesti. Kuva otettu Dayspa Järvisydän -työmaalla.

Betonilaatan raudoitustöiden aikana työnjohtajan täytyy kiinnittää huomiota:

- Suojabetonipeite täytyy varmistaa erityisesti ylä- ja alapuolella raudoitusta. Yläpuolella betonipeite riippuu betonin rasitusluokasta ja alapuolella se on 50 mm, ellei toisin mainita. Raudoituksia asennettaessa betonipeitettä on jätettävä lattialämmityspotken verran enemmän, mikäli lattiaan tulee lattialämmitys.
- Työnjohtajan on tarkastettava, että korokkeita on riittävästi, eli raudoitteet eivät saa olla notkollaan.
- Suunnitelmista on tarkistettava verkko tai tankoraidoitteiden suunnat laattaan nähden.
- Pyörittämällä levitettävää teräsverkon kaltaista mattoraidoitetta käytettäessä työnjohtajan on tarkastettava oikea levityssuunta rakennesuunnitelmista.
- LVIS- tekniikan eli lämpö, vesi, ilma ja sähkö asennuksien ja varauksien asettuminen raudoitteisiin ja läpivientien lisäraudat on tarkistettava.
- Valuankkureiden paikat ja olemassaolo on varmistettava.



Kuva 1. Paikallavaluholvin raudoitus kaksinkertaisella 10 mm:n k150- teräsverkolla. Keskellä näkyy palkkikaista pitkittäissuuntaisesti. Kuva otettu Dayspa Järvisydän -työmaalla.

### 4.3 Seinärakenteiden raudoittaminen

Seinärakenteet voidaan myös toteuttaa irtoteräksin tai elementtiraudoitteilla. Elementtiraudoitteiden käytölle on kuitenkin edellytyksenä nosturin paikallaolo työmaalla ja riittävä tila asennuskohteella. Lisäksi seinäraudoitteita elementeillä toteutettaessa tarvitaan paljon liitos- ja asennusteräksiä, joten raudoitelementtien käyttö seinissä ei ole juuri teräsverkkoja kannattavampaa. Parhaaksi tavaksi toteuttaa seinäraudoitteet havaittiin kylpylä- ja hotelli työmailla teräsverkkojen käyttö. Suunnittelija voi tosin määrätä raudoitukset toteutettavaksi irtotangoon. [6, 69.] Irtoteräksin toteutettuna seinän raudoituksissa on paljon hidasta sidontatyötä. Kuvassa 2 näkyy 10 mm:n k150- teräsverkoilla ja 12 mm:n U- hakasilla hitsiliitoksin toteutettu uima-altaan seinän raudoitus.

Työnjohtajan valvoessa seinärakenteiden raudoitusta on huomioitava erityisesti nämä asiat:

- Ennen seinän raudoittamisen aloitusta työnjohtajan on tarkistettava muotin todelliset mitat, jotta vältetään purkutöitä.
- Betonityönjohtajan on tarkastettava läpivientien, aukkojen ja LVIS- asennusten olemassaolo. Lisäksi työnjohtajan on varmistettava niihin suunnitelmassa määrättyjen lisäraudoitteiden asennukset ja varmistettava rakennesuunnittelijalta lisärautojen riittävyys.
- Ylä- ja alapään hakasten määrä, oikea asema ja korkeus täytyy varmistaa.
- Ennen betonointia on työnjohtajan tarkistettava betonin rasitusluokan mukaisen betonipeitteen täyttyminen seinässä, lisäksi riittävä väliketiheys ja oikeat välikeasemat on tarkistettava betonoinnin aikaisen liikkumisen estämiseksi.
- Sidonnan ja hitsiliitosten riittävyys ja vahvuus täytyy varmistaa testaamalla raudoitteen paikallaan pysyminen.
- Mahdollisten tarvittavien valuankkureiden olemassaolo ja sijainti on tarkistettava raudoitettavista seinistä.





Kuva 2. Uima-altaan seinän pääraudoitus. Kuva Dayspa Järvisydän -työmaalta.

#### 4.4 Paikallavalupilareiden raudoittaminen

Pilarien raudoittaminen toteutetaan yleensä paikalleen nostettavilla valmiilla raudoitteilla, jotka voivat olla tehtaalta tilattuja valmisraudoite-elementtejä tai työmaalla tehtäviä raudoite-elementtejä. Raudoite-elementit pilareissa koostuvat hakasista, pystysuuntaisista pääteräksistä ja yläpään mahdollisista seuraavan rakenteen liitososista, kuten hitsauslevyistä tai elementtipulteista.

Mikäli paikallavalupilareita on paljon ja valmiselementtiraudoitteiden tehtaalta kuljettamisen kustannukset saadaan sitä myöten kannattavaksi, on valmiselementtiraudoitteiden käyttö työmaalla erityisen kannattavaa. Valmiiden pilari-raudoitteiden varastoinnin tilantarve on melko pieni ja pilariraudoitteita tarvitsee työstää melko vähän niiden ollessa paikallaan muotissa. Pilariraudoitteiden nostotyö on varsin nopeaa ja onnistuu pienissä pilareissa miesvoiminkin raudoitteiden muodon, koon ja rakenteen vuoksi. Muotin sisällä tehtävät raudoitetyöt kannattaa jättää mahdollisimman vähälle, koska pilarien muodon takia terästen yhteen kiinnittäminen ja asettelu ovat tilan puutteen vuoksi hankalaa.

Työnjohtajan valvoessa pilariraudoitusten tekoa hänen on tarkkailtava näitä asioita:

- Pääterästen jatkospituuksien suunnitelmienmukaisuus on huomioitava raudoituksia tehtäessä kokoajan.
- Työnjohtajan on tarkkailtava, että raudoitteet pysyvät betonipeitteen määrätyissä rajoissa.
- Yläpään liitoksen oikeaoppinen toteutus, asema ja liittäminen pilarin raudoituksiin on käytävä läpi, ennen niiden toteutusta ja tarkastettava valmiina.
- Työnjohtajan täytyy tarkkailla, että raudoitteet on sidottu tai hitsattu yhteen riittävän lujasti, että raudoitteet kestävät paikallaan betonoinnin yhteydessä.

#### **4.5 Paikallavalupalkki**

Paikallavalupalkin raudoitustyöt ovat hyvin samankaltaisia kuin palkkianturan raudoitukset. Työn toteuttaminen on hankalampaa, koska palkki joudutaan useimmiten raudoittamaan ilmasta käsin, joko telineiltä tai henkilönostimesta. Kuten pilarit myös palkitkin ovat hyvä kohde elementtiraudoitteille ja etukäteen työmaalla valmistettaville raudoitehäkeille. Palkkien raudoitteiden kasaaminen irtoteräksistä muotin sisällä ei ole kannattavaa.

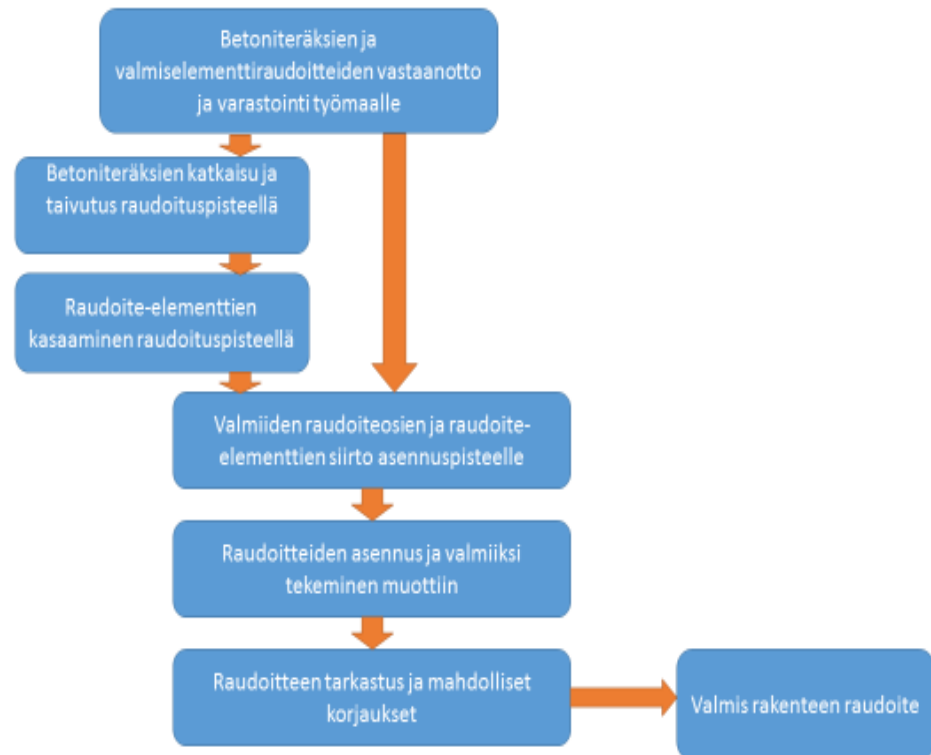
Huomioitavat asiat ovat samankaltaisia kuin edellä mainituissa pilareiden raudoituksessa ja anturan raudoituksessa.

## **5 Raudoitustöiden vaiheet työnjohtajan näkökulmasta**

Tässä opinnäytetyön osiossa käsitellään raudoitustöiden eri vaiheita aikajärjestyksessä ja työnjohtajan roolia näissä raudoittamisen eri osioissa. Kappaleessa 5.1 havainnollistetaan raudoitustöiden kulku tehtäväsuunnittelua varten.

## 5.1 Raudoitustöiden käytännön kulku työmaalla

Kuvassa 3 on esitetty toteutusmalli raudoitustöiden kulusta työmaalla aikajärjestyksessä, betoniteräksien vastaanotosta valmiiseen raudoitukseen. Kuvaajan vaiheista betoniterästen katkaisu ja taivutus, sekä raudoiteosien kasaaminen jäävät pois mikäli työssä käytetään valmiselementtiraudoitteita, kuten kuvaajasta havaitaan.



Kuva 3. Raudoitustöiden kulun malli aikajärjestyksessä.

## 5.2 Suunnitelmat

Rakennesuunnittelija laatii rakennekohtaiset suunnitelmat mitoittaen jokaisen rakenteen ja piirtäen raudoituskuvat työmaalle. Työmaalle toimitettaviin piirustuksiin kuuluu ainakin yleiskuva raudoituksesta sijoitettuna pohjakuvaan ja lisäksi detaljipiirrokset jokaisesta rakenteesta. Työmaa voi pyytää vielä lisää tarkennuksia suunnittelijalta, mikäli suunnitelmissa havaitaan puutteita tai epäselvyyksiä. Suunnittelun lähtökohtana rakennesuunnittelijalla on rakenteiden kes-

tävyiden ja säilyvyyden varmistaminen. Toisena lähtökohtana suunnittelijan olisi hyvä pitää työmaatoiminnan tehostamista ja kustannusten minimointia. Raudotteiden kohdalla tämä ei merkitse teräsmäärän, vaan erilaisten raudoitetyyppien minimointia. Näitä suunnittelutapoja ovat mm. kohdekohtainen standardisointi eli samojen raudoittemallien, raudoitetyyppien, teräslaatuja ja kokoja käyttö. Suunnittelijan täytyy kuitenkin osata tehdä ratkaisut siitä, milloin on kannattavaa yksinkertaistaa raudotteita ja milloin ei. Näillä keinoilla rakennesuunnittelija pystyy omalta osaltaan vaikuttamaan työmaan aika- ja kustannustehokkuuteen sekä pienentämään virheiden mahdollisuutta työmaalla. [7.]

### 5.3 Aloituspalaveri

Koko työmaan raudoituksia käsittävä aloituspalaveri on hyvä pitää n. 1-2 viikkoa ennen ensimmäisten varsinaisten raudoitustöiden alkamista. Aloituspalaveriin osallistuu ainakin betonityönjohtaja, raudoitustöiden työnjohtoon osallistuvat, rakennesuunnittelija, työmaan valvoja ja raudoitustöiden työryhmän ryhmänvetäjä eli ”nokkamies”. Aloituspalaveri on hyvä pitää työmaalla, jotta voidaan käydä tutustumassa kohteeseen. Aloituspalaverissa käydään läpi raudoituspiirustukset, joihin työmaahenkilöstön, erityisesti työnjohtajien, on syytä olla tutustunut ennakkoon. Epäkohdat, epäselvyydet ja lisäpiirustusten tarve tuodaan julki suunnittelijalle ja häneltä pyydetään tarkennuksia tai päivitettyjä piirustuksia. Näin toimittaessa vältetään odotustunneilta työmaalla, kun ollaan tilanteessa, että joudutaan odottamaan suunnittelijan vastausta epäselvyyksiin tai lisäpiirustuksia raudoituksista.

Aloituspalaverissa käydään myös läpi töiden ennakkoon laadittu tehtäväaikataulu ja sijoitetaan se päivitettyyn yleisaikatauluun. Aloituspalaverissa käydään myös läpi rakenteille ja raudoituksille asetetut laatuvaatimukset selvittäen minkä laatuasiakirjojen ja standardien mukaan työmaalla raudoitukset toteutetaan. [8, 18.]

## **5.4 Aikataulutus**

Raudoitustöiden tarkempi aikataulutus tehdään työmaalle laaditun yleisaikataulun pohjalta. Raudoitustöiden aikataulu on hyvä laatia päivätasolle paikka-aikakaavioksi tai jana-aikatauluksi, johon eri rakenteet jaotellaan niiden sijainnin mukaan mm. lohkojako. Aikataulun laadinnassa voidaan käyttää mm. Ratu:sta löytyviä työaikamenekkejä.

## **5.5 Betoniterästen tilaaminen**

Betoniteräket tilataan raudoiteluettelon mukaisesti, jonka on laatinut rakenne-suunnittelija tai työmaan työnjohto. Raudoiteluettelosta lasketaan, kaikkien eri tyyppien terästen menekit ja terästen hinnat kilpailutetaan eri toimittajilta. Terästen valitulta toimittajalta on tarkistettava ennen varsinaista tilausta, että toimitettavat teräket ovat SFS- standardisoituja ja CE- merkittyjä. [4, 147.]

Teräksiä tilattaessa on suositeltavaa vielä varmistaa käytettävien teräslaatuojen suunnitelmanmukaisuus terästen valmistajalta, jotta välttätään väärän teräslaadun tilaamiselta. Tilattaessa betoniteräksiä, terästen valmistajalta pyydetään mahdolliset valmistajakohtaiset ohjeet terästen käsittelystä, ominaisuuksista ja varastoinnista. [8, 2.]

Tilattaessa raudoitteita materiaalin kokonaishukkana voidaan käyttää 5–17 %. Kohteen materiaalihukkaan vaikuttavat erityisesti kohteen koko, muoto, tavanomaisuus ja käytettävät raudoitetyypit. Raudoite-elementtien, teräsverkkojen ja muiden valmisraudoitteiden käyttöä lisäämällä määrää voidaan pienentää. Tämän opinnäytetyön osiossa 6.3 käsitellään raudoitustyön materiaalilisiä ja -hukkaa tarkemmin kustannusten kannalta. [9, 10.]

## **5.6 Betoniterästen vastaanotto ja varastointi työmaalle**

Betoniteräksien vastaanotossa tarkastetaan, että teräket ovat tilattuja teräslaatuja ja kokoja, lisäksi tarkastetaan, että harjateräsnipuissa on CE-merkintä,

SFS-standardimerkinnot ja ettei teräksissä ole tapahtunut voimakasta korroosiota tai pysyviä muodonmuutoksia kuljetuksen ja siirtojen aikana. Korroosion aiheuttama ruoste ei saa olla kevyttä pintaruostetta voimakkaampaa, muuten terästen lujuus ja tartuntakyky heikentyy merkittävästi. Käytettävän betoniteräksen halkaisija on saanut pienentyä enintään 2,5 % korroosiosta johtuen. [4,147.]

Teräksset varastoidaan sateelta ja lumelta suojaan aluspuiden päälle niin sanottuun teräsfakkiin, mahdollisuuksien mukaan lähelle rautojen katkenta ja taivutuspaistetta. Näin vältetään turhilta siirroilta työmaalla ja säästetään työaika. [8, 2.]

### **5.7 Raudoitustöiden aloittaminen**

Raudoitustöitä aloitettaessa varmistetaan muottityönjohtajalta ja muottityöryhmältä riittävä muotin valmius, jotta raudoitustyöt eivät häiritse muotin tekoa ja muotitus taas raudoitustöitä. Työnjohtaja varmistaa ennen töiden aloitusta, että tarvittava kalusto ja materiaalit ovat työmaalla. Raudoitustyönjohtaja myös ilmoittaa LVIS- asentajille ja työnjohdolle, milloin he pääsevät ennakoitusti tekemään omat asennuksensa alueelle. Työnjohtaja tarkistaa ennen töiden aloitusta työkohteen siisteysedellytykset raudoitamisen aloittamiselle samalla tarkistetaan, että muotin irrottamisaine on levitetty. Ennen töiden aloitusta työnjohtaja myös perehdyttää raudoitustyöntekijät, laati työntekijöille tulityöluvat ja käy läpi raudoitustöiden laatuvaatimukset ja töiden hyväksytyt suorittamistavat työntekijöiden kanssa. [14, 120.]

### **5.8 Raudoitustöiden suoritus**

Raudoitustöiden suorituksen aikana työnjohtaja valvoo työmaalla työturvallisuutta ja töiden suorituksen laatuvaatimusten mukaisuutta sekä ohjeistaa työntekijöitä ongelma- ja erikoistilanteissa. Betonityönjohtaja pitää töiden edetessä jat-

kuvaa yhteyttä rakennesuunnittelijaan virheiden välttämiseksi ja töiden nopean etenemisen takaamiseksi. [8,18.]

## **6 Raudoittamisen kustannukset**

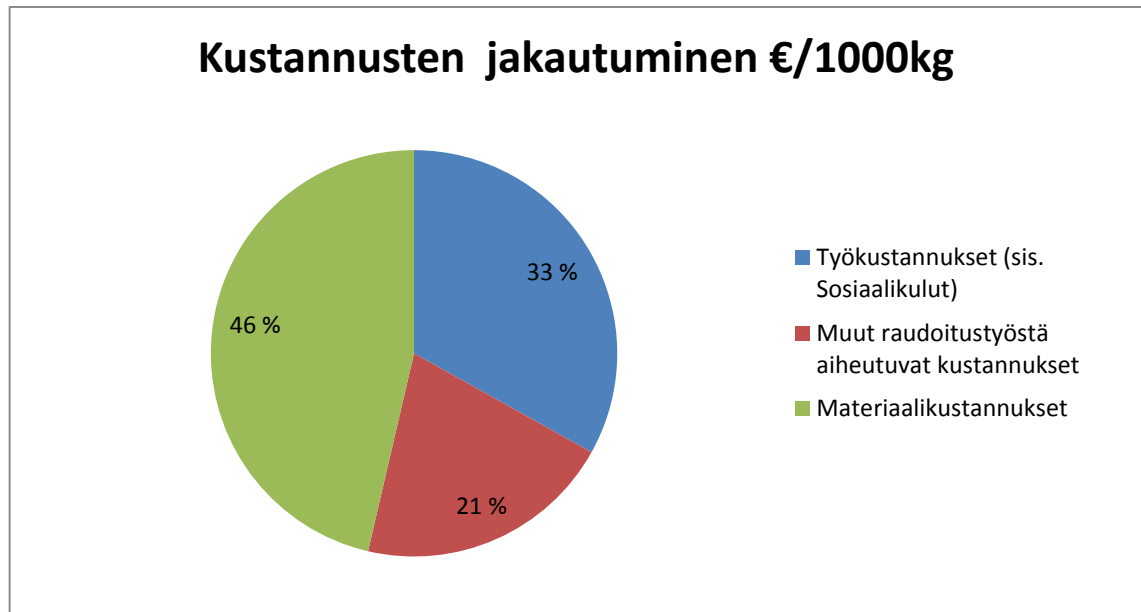
Raudoittamisen kustannukset ovat oleellisessa osassa raudoitustyönjohtajan toimenkuvassa. Työnjohtaja työskentelee rahalliseen tulokseen pyrkivän yrityksen palveluksessa. Tämän johdosta työnjohtajan täytyy toiminnassaan ottaa kustannusten minimointi huomioon, kuitenkin laadusta ja työturvallisuudesta tinkimättä. Raudoitustöissä työnjohtajalla on mahdollisuus monin tavoin pienentää raudoitustöistä aiheutuvia kustannuksia. Tässä opinnäytetyön osiossa käsitellään niitä. Työssä ei kuitenkaan käsitellä työn osuutta kustannuksissa tarkemmin.

### **6.1 Raudoittamisen kustannusten jakautuminen osiin**

Raudoittamisen kustannukset jakaantuvat materiaalikustannuksiin, työkuksannuksiin ja kalustokustannuksiin. Kuvassa 4 esitetään raudoittamisen kustannusten jakautuminen osiin Dayspa Järvisydän -työmaalla tuhatta raudoitettua kilogrammaa kohti. Työmaalla käytettävät teräkset olivat irtotankoja ja teräsverkkoja, raudoitustyöntekijät rakennusammattimiehiä. Kalustona nostoissa käytettiin kaivinkonetta ja raudoitusten käsittelyssä Ramirentiltä vuokrattuja voimavirtakäyttöisiä koneita.

Raudoitteiden hintaan vaikuttaa eniten sarjamäärät työmaalla eli kunkin raudoitetyypin määrä työmaakohtaisesti. Mikäli sarjamäärät ovat suuria eli vähintään muutaman kymmenen kappaleen eriä samaa tyyppiä, on kannattavaa tehdä raudoitteet tehdasvalmisteisina raudoite-elementteinä. Valmiin raudoituksen hinnasta noin 50 % on materiaalikustannuksia ja n. 30 % varsinaisia työkuksannuksia. Loput ovat raudoitukseen tarvittavasta kalustosta ja työmaan ylläpidosta johtuvia kustannuksia, valvonta mukaan luettuna. Teräsmenekki riippuu rakennuksen kokonaisuuden rakenneratkaisuista sekä siitä johtuvasta kuormitukses-

ta ja muodostaa melko kiinteän menoerän, jota voidaan kuitenkin alentaa jonkin verran työmaalta käsin. [10, 696.]



Kuva 4. Kustannusten jakautuminen raudoitustyössä Rantasalmen Dayspa Järvisydän-töyömaalla. Kuvaaja on laadittu työmaalla toteutuneiden kustannusten pohjalta. Materiaalikustannuksissa teräkset ovat tulleet rahtivapaina.

## 6.2 Materiaalikustannusten alentaminen raudoituksia tilattaessa

Kuvasta 6.1 havaitaan, että materiaalien osuus raudoitustyön kustannuksissa Dayspa -työmaalla oli n. puolet eli 46 %, joten materiaalikustannuksia kannattaa raudoitustyön urakoitsijan pyrkiä pienentämään eri keinoin. Mihinkään euro-määriin, tässä työssä ei kuulu arvonlisävero.

Kilomäärien pienentäminen suunnittelemalla raudoitteista suunnitteluvaiheessa monimutkaisemmin toteutettavia pienemmillä raudoitemäärillä ei kannata, koska edellä mainitulla tavalla toimittaessa sarjamäärät pienenevät niin paljon, että työkustannukset nousevat työhön käytettävän ajan muodossa, joka nostaa raudoituksen kustannuksia enemmän kuin saavutetaan rahallista etua raudoitekilomäärän pienentymisestä. [10, 696.]



Betoniteräokset tilataan raudoiteluettelon mukaan, kunkin tyylin raudoitteet kerrallaan hankinta-aikataulun mukaan, tai mikäli työmaalla on tilaa terästen varastoinnille asianmukaisesti, niin kustannustehokkainta on tilata kaikki teräokset kerralla työmaalle. Näin toimittaessa saadaan tilattua tehtaalta suurempi erä kerralla ja terästen hinta tippuu erän koon myötä ja myös kuljetukset työmaalle tulevat mahdollisesti rahtivapaiksi.

Rahtikustannukset määrittyvät kilometrimäärän ja rahdin kilomäärän mukaan. Kustannukset 15 tonnin maksimikuorman kuljettavalla kuorma-autolla pitkillä matkoilla, ovat n. 0,90–1,50 € /km helmikuussa 2016. Hinnat on kerätty eri rakennustavaratoimittajien kuljetushinnastoista. Tämäkin luku on vain suuntaantava, koska hinnat vaihtelevat hyvin paljon tilausehdoista ja tilauksen yksityiskohdista riippuen.

Suurempia eriä tilatessa normaaleissa B500B -harjateräksissä terästen hinnasta saa ns. määräalennusta n. 5-20 snt/kg, riippuen senhetkisestä teräksen markkinahinnasta ja tilattavan määrän suuruudesta. Täysin kuormin tilaamisesta hyötyvät näin ollen rakennustavaran myyjä sekä ostajana toimiva rakennusliike, kun myyjä saa suurempia eriä myytyä kerralla ja ostaja saa hinnasta pudotettua pois huomattavan suuren osan.

Alla on laskettu täysin kuormin ostamisesta saavutettava hyöty joulukuussa 2015, kun tilaus tehtiin Pintos Oy:n tehtaalta Rantasalmen Rakentajien kylpylä -työmaalle. Tilattavat teräokset olivat 16 mm B500B harjateräs ja 10 mm B500B harjateräs.

Harjaterästen hinta oli ovh. 0,64 €/kg (Alv 0 %). Saadussa avoimen tilattavan määrän tarjouksessa luvattiin, että mikäli tilattava määrä ylittää 10 tonnia, terästen kilohinta putoaa 0,60 €/kg. Lisäksi tarjouksessa mainittiin, että yli 8,6 tonnin terästilauksissa rahti on ilmainen. Rahdin hinta olisi muuten ollut noin 586 € Alv 0 % purettuna työmaalle. Tarjous valittiin lasketun halvimman kokonaishinnan perusteella neljän muun tarjouksen joukosta. Tarjousten hintaerot olivat 742 € halvimman ja kalleimman välillä alv 0 %.

Tilattava määrä oli 11,6 tonnia, jolloin hinta tippui 0,60 €/kg(Alv 0 %)

Harjaterästen kokonaishinta laskettuna alla, mikäli sama määrä harjaterästä olisi ostettu pienemmissä erissä myöhempiin työvaiheisiin tai seuraavalle työmaalle:

$$0,64 \text{ €/kg} \times 11600 \text{ kg} = 7424 \text{ €}$$

Terästen kerralla tehdystä suuremman erän ostosta saavutettu alennettu hinta:

$$0,60 \text{ €/kg} \times 11600 \text{ kg} = 6960 \text{ €}$$

Saavutettu etu harjaterästen hinnassa rakennusliikkeelle tässä esimerkissä oli siis 464 €. Huomioitavaa on, että kyseessä on melko pieni teräserä, joten teräksen alennus ei ole suuri. Suurempia eriä tilattaessa hinnanalennus kasvaa jonkin verran. Lisäksi samaa kokoluokkaa olevan teräsmäärän tilaamisella kahteen tai useampaan kertaan joudutaan maksamaan kuljetuskustannukset jokaiselta tilauskerralta. Tällä laskelmaesimerkillä pyritään havainnollistamaan lukijalle, että rakennusliikkeen on kannattavaa tilata harjateräksiä suurempi erä kerrallaan, mikäli järkevä varastointi on mahdollista. Vaikka akuuttia tarvetta teräksille ei olisikaan sillä hetkellä, harjateräkset ovat yleistavaraa rakentamisessa, ja niille löytyy yleensä käyttöä jossain vaiheessa.

### **6.3 Betoniterästen materiaalilisät ja -hukat sekä niiden pienentäminen**

Betoniterästen kokonaismenekki on yhteenlaskettu teräsmäärä, johon kuuluvat raudoiteluettelon mukaiset teräksiset, raudoitteiden tekemisestä aiheutuneet raudoitehukat ja muut erilliset materiaalimenekkilisät.[9, 2.]

Kokonaismenekkilisä on erisuuruinen eri rakenteille. Taulukossa 4 on esitetty raudoitemenekkilisät eri rakenteille. Menekkilisiin vaikuttavat huomattavasti useat eri asiat, kuten rakennuksen muoto, rakenteen erityispiirteet, asennusterästen määrä, raudoitustyöntekijöiden kokemus ja terästen käsittely työmaalla, kuten terästen varastointi ja määräluetteloiden noudattaminen. [9, 10.]

Taulukko 4. Materiaalilisät eri rakenteille [9, 10.]

Rakennetyyppi	Materiaalilisä		
	Asennusteräket	Muut materiaalilisät	Yhteensä
Antura ja perusmuuri	3-7%	2-4%	5-11%
Seinät	7-9%	2-5%	9-14%
Laatat	3-12%	2-5%	5-17%

Keinoja materiaalilisien pienentämiseen:

- Teräket kuljetetaan niin, että niihin ei tule vaurioita tai pysyviä muodonmuutoksia. Keinona esimerkiksi kiinnittää terästen nostovaijerit useammasta kohdasta niin, etteivät teräket pääse taipumaan.
- Teräket varastoidaan lumelta ja sateelta suojaan aluspuiden päälle ruostumisen estämiseksi. Varastoinnissa on myös huomioitava työmaaliikenteen aiheuttama terästen turmeltumisriski. [9, 10.]
- Käytetään oikean mittaisia ja kokoisia valmisraudoitteita mahdollisimman paljon. [9, 10.]
- Työnjohtaja laatii tai tarkentaa teräsluetteloita niin, että niistä selviää katkaistavien ja taivutettavien betoniterästen määrät. [9, 10.]
- Raudoitehukat käytetään myöhemmin esimerkiksi työteräksinä ja asennusteräksinä tai tartuntateräksinä. [9, 10] Lisäksi hyvä keino on raudoittaa toissijaiset rakenteet hukkateräksillä. Toissijaiset betonirakenteet ovat sellaisia, joilta ei vaadita lujuusominaisuuksia ja joihin ei kohdistu merkittäviä kuormia.
- Raudoitustyöryhmälle luvataan tulospalkkio mikäli betoniterästen materiaalilisät pysyvät sovituissa rajoissa.

## 7 Laadunvarmistus ja -hallinta

Nykyinen eurokoodien mukainen betonirakenteiden toteutusstandardi on SFS-EN 13670, joka antaa työnjohdolle ohjeet laadukkaiden betonirakenteiden toteutukseen. Standardi ei anna yksityiskohtaisia toteutusohjeita, vaan ohjeet laadunvalvonnan toimintaan ja varmentamiseen. Standardin liitteessä D on käytännön raudoittamista koskevaa opastusta ja ohjeistusta. [11,5.]

Työmaalla tehtävien raudoitteiden tulee olla SFS-EN 13670 -standardin ja rakennesuunnitelmien mukaiset. [4,147.] Raudoittamiseen käytettävien betoniteräksien tulee täyttää SFS-standardeissa niille asetetut ominaisuusvaatimukset. Käytettävistä betoniteräksistä tulee löytyä tunnistelaput, joista löytyy teräksen koko, laatu, myönnetty sertifikaatti ja CE-merkintä. [12, 166.]

### 7.1 Suojabetonipeite

Raudoitteita tehtäessä suojabetonipeitteen riittävyys on tärkeimpiä laadunhallinnan asioita, johon työnjohtajan tulee kiinnittää huomiota. Työntekijät eivät aina koe tätä tärkeäksi asiaksi ja siitä lipsutaan. Betonin rasitusluokka, käyttöikä ja rakennetyyppi määrittävät raudoitteiden betonipeitteen vähimmäisvaatimuksen. Taulukossa 3 on esitetty betonin rasitusluokan määrittämät betonipeitteet. Eri rakennetyyppien betonipeitteen määrittää rakennesuunnittelija käytettävien teräksien halkaisijan, betonin kiviaineksen koon ja rakenteen vaatimien etäisyyksien perusteella. [13, 5.] Betonipeitteelle suunnitelmissa esitettyjen vähimmäisarvojen tulee täytyä työmaalla jokaisessa toteutetussa rakenteessa. Nimellisarvojen tulee täytyä myös työteräksissä, ei pelkästään suunnittelijan määrittämissä teräksissä. Mikäli raudoitteen ollessa valmis todetaan, että betonipeitteet eivät täyty, ei betonityönjohtaja voi antaa lupaa betonoinnin aloitukselle ennen virheiden korjausta. [4, 147.]

Taulukko 4. Raudoituksien betonipeitteen vähimmäisarvot eri betonin rasitusluokilla 50 vuoden käyttöiän rakenteissa. [13, 6.]

Ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvovaatimus $c_{min,dur}$ (mm)								
Kriteeri	Rasitusluokka eurokoodin EN 1992-1-1 taulukon 4.1 mukaan							
	X0	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XD3 XS2,3
Betoniteräs	10	10	20	25	30	30	35	40
Jänneteräs	10	20	30	35	40	40	45	50
100 vuoden suunniteltu käyttöikä <sup>1)</sup>	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Minimilujuusluokka <sup>2)</sup>	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45
Valittu lujuusluokka $\geq$	C20/25	C30/37	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C35/45	C45/55
	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
RakMK B4 1-rakenneluokka	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5

- 1) Jos rakenteen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta, on myös muut säilyvyysvaatimukset tarkistettava RakMK B4 (SFS-EN 206-1 kansallinen liite) mukaisesti.
- 2) Minimilujuusluokat on määritetty soveltaen SFS-EN206-1 kansallista liitettä

Mikäli raudoitteisiin tulee hitsiliitoksia rakennesuunnittelija määrittää hitsausliitosten toteutustavan, laatuvaatimukset ja hitsaustöiden suorittajan luokka- ja pätevyysvaatimukset. Työnjohtajan on tarkistettava hitsaustyönsuorittajan hitsauspätevyudet ja hitsausluokat raudoitustöiden alkaessa.

## 7.2 Raudoitustöiden aikainen laadunvarmistus

Työnjohdon kannattaa tarkistaa suunnitelmissa merkittyjen terästen olemassaolo säännöllisesti raudoitustyökohteella liikkueessaan. Kylpylä kohteessa havaittiin hyväksi tavaksi kerätä muistilistaksi, jokaisen raudoituskohteen suunnitelmista löytyvät erityispiirteet raudoituksissa, mikäli sellaisia on. Tästä toimintata- vasta on esitetty esimerkit 1 ja 2 alla. Tällä ei tarkoiteta, että jokaisen teräksen olemassaolo täytyy tarkistaa erikseen, vaan että listaan kerätään asiat, jotka työnjohtaja näkee tarpeellisiksi kirjoittaa muistiin. Näin vältetään tilanteet, joissa raudoituksia joudutaan lisäämään hankaliin paikkoihin jälkikäteen tai pahim-

massa tapauksessa purkamaan raudoituksia terästen lisäämiseksi. Lisäksi rauditustyökohteella liikkueessaan työnjohtajan kannattaa tarkkailla tässä opinnäytetyössä osiossa 4 mainittuja huomioita.

Esimerkki 1.

## 2. Kerroksen holvin rauditus

- Reunojen 12 mm pitkittäisliisäteräkset Etelä, Itä, Pohjoinen
- Teräsverkkojen suunta 45 astetta moduulista 7
- Portaan tartunnat ylös ja alas

Esimerkki 2.

## Pilarien 1-6 rauditus

- Hakasjako pilarin yläpäässä k 50 Pilari 1, 2, 3, 4, 5, 6
- Yläpään pulttien teippaus
- Pääterästen jatkospituus 1200 mm
- Alapäässä hitsiliitokset tartuntoihin

### 7.3 Laadunvarmistus- pöytäkirja

Työnjohtajan on suositeltavaa käyttää rauditustöiden laadunvarmistuksessa kirjallista laadunvarmistuspöytäkirjaa apunaan. Laadunvarmistuspöytäkirja voidaan liittää työmaan laatukansioon laatuasiakirjoihin, sen ollessa valmis osakohteen osalta.[14, 15.]

Dayspa Järvisydän- työmaalle laadittiin laadunvarmistuspöytäkirja, johon tiivistettiin aikaisempien kokemusten pohjalta tärkeimmiksi asioiksi laadunvarmistuksessa nähdyt asiat. Nämä kohdat olivat sellaisia, joissa oli aiemmin tehty virheitä ja joiden korjaaminen on haastavaa tai kallista. Pöytäkirjan tarkoituksena on olla sellainen, että työnjohtajat voivat käyttää sitä työkohteella laaduntarkkailus-

sa ja raudoitustarkastuksessa. Pöytäkirjan laadinnassa käytettiin apuna Raturin 6025 Betonirakenteiden raudoittaminen -osiota ja siitä löytyvää kattavampaa laadunvarmistus pöytäkirjaa. Laadittu pöytäkirja on liite 1, tässä opinnäytetyössä.

#### **7.4 Valmiiden raudoitusten tarkastaminen**

Raudoitusten tarkastamisen suorittaa betonityönjohtaja yhdessä vastaavan mestarin ja rakennesuunnittelijan kanssa. Raudoitustöiden aloituspalaverissa voidaan kuitenkin olla asetettu tarkastukseen osallistuvaksi muitakin jäseniä, kuten rakennuttajan edustaja ja kunnan rakennustarkastaja hänen niin halutesaan. [8, 18.]

Raudoitustöiden vastaanottotarkastuksessa betonityönjohtaja tarkastaa, että kaikki piirustuksista löytyvät teräkset ovat paikallaan ja niiden liitokset ovat suunnitelmien ja työmaan laatuasiakirjojen ja SFS-standardien mukaiset. Rakenteen betonisuojapeitteet käydään läpi muutamasta koekohdasta määrätyn suojapeitteen paksuisella koepalalla. Raudoitustarkastuksen yhteydessä käydään myös läpi LVIS- tekniikan läpiviennit ja asennukset. Teräksistä on myös tarkastettava, että asennusaikana teräksissä ei ole tapahtunut voimakasta ruostumista.[8, 18]. Mikäli valmiille raudoituksille on vaadittu suunnitelma-asiakirjoissa suoritettavaksi lujuustestejä, suoritetaan ne tässä yhteydessä. Havaitut virheet ja puutteet merkataan ylös työmaa-asiakirjoihin ja raudoitustyöryhmä ohjataan korjaamaan virheet pikimmiten, jotta asia ei jää hoitamatta. Tarkastuksen yhteydessä on hyvä myös katsoa rakennesuunnittelijan kanssa, että kaikki tarvittavat tartunnat ja varaukset on otettu huomioon ja tehty, esimerkiksi mm. porrastartunnat, hissisyvennykset ja erilaisten nostinten kiinnitykset rakenteeseen.

Betonityönjohtaja laatii tarkastuksesta vastaanottopöytäkirjan työmaan työmaa-asiakirjoihin ja merkkaa siihen oman tarkastuksensa sisällön, aiemmat tarkastukset, työssä havaitut virheet ja niiden korjaamisen tarkastamiseksi tehdyt jälki-

tarkastukset. Pöytäkirjaan liitetään myös mittaustulokset suoritetuista mittauksista. [8, 2.]

## **8 Työturvallisuus**

Nykyisin työturvallisuuteen panostetaan yhä enemmän työmailla, monet rakennusalan yritykset ovat asettaneet vuotuisia nolla tapaturmaa -tavoitteita. Nolla tapaturmaa on Työterveyslaitoksen lanseeraama ajattelumalli yritysten käyttöön. [15.] Muun muassa edellä mainitun vuoksi työturvallisuudella on jatkuvasti suureneva rooli työnjohtajien toimenkuvassa rakennusosalalla.

### **8.1 Työnjohtajan rooli turvallisessa raudoittamisessa**

Työnjohtajan on päivittäisessä toiminnassaan kiinnitettävä huomiota työmaan ja työntekijöiden työturvallisuuteen. Perehdytyksen yhteydessä työmaan työntekijät, mukaan lukien raudoitustyöntekijät, on opastettava työmaan turvallisuuskäytäntöihin, ohjeisiin ja määräyksiin. Työnjohtajien tärkeimpiä tehtäviä työmaalla on valvoa työn turvallista tekemistä, työn olosuhteiden ja työmaan turvallisuutta. Työnjohtaja ohjeistaa työntekijöitä puuttumaan epäkohtiin pikimmiten tilanteen vaatimalla vakavuudella. [16, 9-10]



Huomioitavia asioita työnjohtajan valvoessa raudoitustöiden työturvallisuutta:

- Henkilökohtaisten suojavälineiden olemassaolo ja kunto tulee tarkastaa työntekijän työmaaperehdytyksen yhteydessä. Suojainten käyttöä ja kuntoa tulee tarkkailla töiden aikana ja puuttua suojainten käyttövirheisiin tiukasti ja välittömästi. Henkilökohtaisia suojavälineitä ovat kunnollinen työskentelyä kestävä huomiovaatetus, silmäsuojaimet, kuulosuojaimet ja kypärä. [17.]
- Ylöspäin suuntautuneet terästangot tulee teräsuojata mm. tätä varten valmistetuilla muovisilla terästankotulpilla. [18, 56.]
- Yli 0,5 m pudotuksen tai muuten vaarallisen pudotuksen reunoilla, työnjohtajan tulee tarkistaa tukevien kaiteiden olemassaolo. Kaiteet muodostuvat neljästä osasta, tolpast, yläpuusta, välipuusta ja jalkalistasta. Kaiteissa tulee yläpuun olla vähintään 1 metrin korkeudella ja jalkalistan sellainen, että 50 mm esine ei mahdu sen alitse. [17.]
- Aukkosuojaus tulee läpivienneissä ja muissa aukoissa tehdä sellaiseksi, että aukko on selvästi havaittavissa ja aukon päällyspevy kestää vähintään 1,5 kN kuorman. Aukosta ei saa myöskään pudota esineitä raoista tai se ei saa lähteä itsestään paikaltaan. [17.]
- Työnjohtajan on huolehdittava tulitöiden asianmukaisesta suorittamisesta ja tulityövalvonnasta.
- Tarkistettava, että nousutiet ovat määräysten mukaiset ja turvalliset. [17.]
- Huolehdittava, että nostoapuvälineet ja nostokalusto ovat asianmukaisessa kunnossa ja niille on tehty käyttöönottotarkastus. Nostovälineiden on oltava tarkoituksenmukaiset ja luvalliset. Kiinnitettävä huomiota, että ilmassa olevien nostotaakkojen alapuolella ei ole ihmisiä. Valmisraudoite-elementtien nostopisteiden on oltava rakennesuunnittelijan hyväksymät. [18, 56.]

## 8.2 Tulityöt

Mikäli raudoitustöissä tarvitsee tehdä tulitöitä mm. hitsatessa tai teräksiä kulmahiomakoneella katkaistaessa, niin tulitöitä tekevä ja tulitöitä valvova tarvitsevat tulityöluvan, jonka pääurakoitsijan työnjohto myöntää. Työnjohdon tulee tarkastaa aina tulityölupaa myönnettäessä, että työntekijällä on voimassa oleva tulityökortti, ja opastaa työntekijälle työmaan tulityömääräykset. [19, 1-2]. Tulityöpaikalla tulee olla olemassa tulitöiden valvontasuunnitelma. Valvontasuunnitelmassa esitetään ohjeet tulitöiden turvallisesta tekemisestä työmaalla. [8, 2.] Mikäli työmaan raudoituspisteellä joudutaan tekemään paljon tulitöitä, on syytä tehdä raudoituspisteen läheisyyteen varsinainen tulityöpaikka. Varsinaisella tulityöpaikalla vältetään tilapäisen tulityöpaikan erityistoimilta ja kohdekohtaisilta tulityöluvilta. Lisäksi varsinainen tulityöpaikka on turvallisempi tulitöiden tekemiselle.

## 8.3 Jätteiden käsittely

Raudoitustöistä syntyneet jätteet lajitellaan jätteenkeräysastioihin. Metallijäte on pääasiallinen syntyvä jäte ja se tulee lajitella metallinkeräysastiaan. Metallijätettä ottavat vastaan yleiset jäteasemat ja romuliikkeet. Metallijätettä on kannattavaa myydä, mikäli sitä syntyy paljon työmaalla. Uudelleenkäyttöön käymätön metallijäte käsitellään viranomaisen ohjeistuksen mukaan. [4, 148.]

Työmaa pystyy vaikuttamaan metallijätteen syntyyn hyötykäyttämällä ylijäämäteräkset mm. tekemällä hukkatangoista asennusteräksiä. Metallijätettä saadaan vähennettyä eniten käyttämällä raudoitettaessa mahdollisimman paljon valmiiksi mitoitettuja raudoitteita ja elementtiraudotteita. [9,10–11]

## 9 Tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tietopaketti työnjohtajalle raudoitustöiden johtamisesta ja laadunvarmistuksesta työmaalla. Alun perin työhön oli tarkoitus

sisältyä vain varsinainen raudoitustöiden johtaminen ja laadunvarmistus. Mutta opinnäytetyötä tehdessäni havaitsin tarpeelliseksi sisällyttää työhön myös kustannusten hallinnan ja työturvallisuusasiat, koska ne ovat merkittävässä roolissa työnjohtajan toimenkuvassa.

Opinnäytetyön tuloksena luotiin tiivistetyt ohjeet eri rakenteiden raudoituksien työnjohdon huomioista ja toteutustavoista. Raudoitustöiden kulusta työmaalla luotiin esimerkkimalli ja laadittiin ohjeet eri vaiheisiin. Kustannusosiossa havaittiin, että materiaalikustannukset ovat merkittävässä osa raudoitustöiden kustannuksia ja löydettiin keinoja kustannusten pienentämiseksi. Laadunvarmistuksen kehittämiseksi luotiin tiivistetty laadunvarmistuspöytäkirja työnjohtajien omaan käyttöön. Pöytäkirja voi toimia työmaalla raudoitustarkastusta tehdessä muistilistana ja raudoitustöiden työnjohdon mallina. Työturvallisuuden kehittämiseksi opinnäytetyössä kerättiin työturvallisuutta koskevia määräyksiä ja ohjeita, jotka koskevat erityisesti raudoittamista.

## **10 Pohdinta**

Opinnäytetyössä käsiteltiin määräyksiä ja ohjeita, jotka betonityönjohtajana toimivan työnjohtajan tulee tietää. Työhön pyrittiin sisällyttämään erityisesti niitä asioita, joita koin itse haasteellisiksi ja, joissa tein virheitä ensimmäistä kertaa raudoitusmestarina toimiessani.

Alun perin tarkoituksena oli ainoastaan luoda opas aiheesta, mutta lisäksi työn edetessä laadittiin raudoitusten tarkistuspöytäkirja työnjohdon käyttöön, koska laadunvarmistus osiota ei olisi saatu käsiteltyä kattavasti pelkillä ohjeilla. Opinnäytetyössä haasteelliseksi osoittautui valita, mitä asioita tutkimuksessa painotetaan ja mitkä työnjohtajan toimenkuvan osa-alueet työhön sisällytetään.

Opinnäytetyön toteuttaminen toimii itselleni hyvänä tietopohjana tulevaisuudessa työnjohtajana ja betonityönjohtajana toimiessani. Työn tehtyäni tiedän, mistä etsiä aineistoa eri tilanteissa, sekä minkä ohjeistusten ja standardien mukaan tulee toimia tulevilla tehtävissään työnjohtajana.

## Lähteet

1. Palolahti, Tuomas. Pienrakentajan betoniopas. Betoniteollisuus ry. Helsinki 2011
2. By 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2013. Suomen betoniyhdistys ry. Helsinki 2013
3. Satu Sahlstedt, Anssi Koskenvesa, Rita Lindberg, Christian Kivimäki, Tuomas Palolahti, Matti Lahtinen. Talvibetonointi. Betoniteollisuus ry. Helsinki 2013
4. RunkoRYL 2010, rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, talonrakennuksen runkotyöt. Rakennustieto Oy 2010 Helsinki
5. Tauno Hietanen. B500B Tiedote. Betonikeskus ry. Helsinki 2009
6. Juhani Ruohomäki. By206 Raudoitustyöt. Suomen Betoniyhdistys ry ja Rakennustieto Oy. Helsinki 2014
7. Valmisbetoni, Raudoitesuunnittelu, Betoniteollisuus ry  
<http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/raudoitus/new-page>
8. RT 0402 Menekit ja menetelmät Raudoitus. Rakennustieto Oy. Helsinki 2012
9. Ratu 1191-S, Rakennustyön materiaalisat ja hukat. Rakennustieto Oy. Helsinki 2000
10. Jussi Syrjynen, Pekka Vuorinen, Mirja Pahkala. Paikallavalurungon Toteutus. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010504.pdf>. Luettu 23.1.2016
11. Kim Johansson. Betonirakentamisen uudet määräykset ja standardit. Suomen Betoniyhdistys Ry. Esitelmä aineisto 2009  
<http://www.betoni.com/Download/23442/Toteutustandardit%20workshop%2015052012.pdf>. Luettu 13.12.2015
12. By50, Betoninormit 2012. Betoniyhdistys ry. 4. painos Helsinki 2012
13. Betonirakenteiden suunnitteluperusteet. Betoniteollisuus ry 2009  
[http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet\\_2\\_Betonirakenteiden\\_suunnitteluperusteet.pdf](http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_2_Betonirakenteiden_suunnitteluperusteet.pdf). Luettu 14.1.2016
14. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. RT 6025 Rakennustöiden Laatu 2014. Rakennustieto Oy Helsinki 2014
15. Nolla-ajattelun teesit ja malli. Työterveyslaitos  
[http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus\\_ja\\_riskien\\_hallinta/tapaturmien\\_ehkaisy/nolla\\_tapaturmaa/Documents/nolla\\_ajattelun\\_teesit.pdf](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus_ja_riskien_hallinta/tapaturmien_ehkaisy/nolla_tapaturmaa/Documents/nolla_ajattelun_teesit.pdf). Luettu 13.2.2016
16. Aluehallintovirasto. Turvallisuusjohtaminen. Työsuojeluhallinto Tampere 2010
17. Turvallisesti raksalla, Työturvallisuuskeskus  
[http://www.ttk.fi/files/253/turvallisesti\\_raksalla.pdf](http://www.ttk.fi/files/253/turvallisesti_raksalla.pdf) Luettu 16.01.2016
18. Raturva 2 Raudoitus, Rakennusteollisuus RT,  
[http://www.ttk.fi/files/284/22\\_Raudoitus.pdf](http://www.ttk.fi/files/284/22_Raudoitus.pdf) Luettu 16.01.2016

19. Tulitöiden Turvatoimet. Spek 2008.

<http://www.spek.fi/loader.aspx?id=8ccc024f-81e1-4c44-bf32-c8c51f428d6f>. Luettu 13.2.2016

# Raudoitusten laadunvarmistus pöytäkirja

## Työmaa

Dayspa Järvisydän, kylpylä

## Aloituskokous

18.2.2016 Raudoitettava kohde

Huoltotilan yläpuolinen holvi

Piirustukset

x

Teräslaadut

x

Tangot B500B Verkot B500K

Työn aikataulu

x

Muutokset

x

1 lattiakaivo siirrettiin

## Laatuvaatimukset

Käytettävät materiaalit

x

Betonipeite

x

Betonilaatu XC 2 suojaetäisyys 30mm

Sidonta

x

Hitsiliitokset palkkikaistoissa, sinkityt sidelangat

Jatkokset ja liitokset

x

Palkkikaistojen pääteräksissä 1200 hitsiliitos

Terästen sijainnit

x

## Muut asiat ja huomiot työmaakierrokselta

1 lattiakaivo sattuu palkkikaistalle 6 , kaivoa siirretään 30 cm kesemmälle huonetta 3

## Töiden aloitus

24.2.2016

Työryhmä

2 RAM 1 RM

Piirustusten läpikäynti

x

Muotin valmius

x

Muottityöt olivat täysin valmiit.

Työkohte siivottu

x

Työkohte oli siivottu ja muottiöljyn levitys oli käynnissä

Tekniikka varaukset

LV

S

IV

Muut

16

3

6

3

Merkkaukset ja mittaukset

x

Tehty takymetri pisteistä seinälinjat spraylla

Käytettävät materiaalit

x

Tarkistettiin materiaalilaput kaikki OK

Jatkospituudet

x

Esitetty piirustuksissa, käytiin läpi

Liitokset

x

Tarkistettiin hitsauspätevyys

Betonipeite ja suojaetäisyys

x

Välikkeet ja työteräkset

x

Muovivälikkeet, Työteräksinä hukka-astian teräksiä.

Taivutus

x

RakMk B4 mukaan

Tulityöluvat

x

Laadittiin jokaiselle ryhmässä

## Muut asiat ja huomiot

## Raudoitusten tarkastus

25.2.2016

Raudoitteiden läpikäynti

x

Pääteräkset

x

Hakaset

x

Lisäteräkset

x

Etelä reunalta puuttui lisäteräksiä

Terästen sijainnit

x

Verkkosuunnat oli oikein moduuliin nähden

Betonipeite

x

Koekohtia 8, täyttyi kaikissa

Liitokset

x

Hitsiliitokset oli hyväksyttävät ja sidonta riittävä

Tuenta

x

Palkkikaistat kannatettava irti muotista

Siisteys

x

Työkohteen siivous käynnissä

Terästen päiden suojaus

x

Suojaattu muovitulpilla

Tekniikka varaukset

LV

S

IV

Muut

16

3

6

4

## Tarvittavat korjaukset

Lisäteräkset holvin etelä reunalle, korjattu 25.2

Palkkikaistojen kannatus, korjattu 25.2

Siisteys tarkastettu 25.2 poislähdettäessä, ennen 26.2 betonointia.